

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

PATENTSCHRIFT 126 232

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(11) 126 232 (44) 06.07.77 Int. Cl.² 2(51) H 02 H 9/02
(21) WP H 02 h / 193 456 (22) 19.06.76

(71) siehe (72)

(72) Gerlach, Horst, Dipl.-Ing.; Lein, Peter, Dr.-Ing.; Müller, Klaus, Dr.-Ing.; Schida, Herbert, Dipl.-Ing.; Schroth, Dieter, Dipl.-Ing.; Thiede, Franz, Dipl.-Phys.; Lüdemann, Ralf, Dipl.-Ing., DL

(73) siehe (72)

(74) Institut „Prüffeld für elektrische Hochleistungstechnik“, 113 Berlin, Landsberger Chaussee 38a

(54) Anordnung zur Überstrombegrenzung in elektrischen Energieversorgungsstrecken

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Überstrombegrenzung in elektrischen Energieversorgungsstrecken. Ziel der Erfindung ist es, eine Strombegrenzung zu schaffen, die im Störfall rasch, d.h. noch vor Eintritt der vollen Amplitude des Kurzschlußstromes, anspricht, keinen besonderen Aufwand an Geräten und Bauelementen erfordert und im Normalbetrieb nahezu verlustlos funktioniert. Dieses Ziel wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß im Pfad des zu begrenzenden Stromes mindestens ein Abschnitt eines supraleitenden Kabels vorgesehen ist, dessen Matrix/Trägermetall und Supraleiter hinsichtlich Querschnitt und Leiterwerkstoff so ausgelegt sind, daß nach Überschreitung des kritischen Ansprechstromes schlagartig eine wachsende Stromteilung zwischen dem Supraleiter und dem mit ihm leitend verbundenen Matrix-/Trägermetall eintritt, so daß nach dem Normalleitendwerden des Supraleiters der gesamte Strom durch das Matrix-/Trägermetall fließt und durch den in ihm enthaltenen Begrenzungswiderstand unterhalb eines vorgegebenen Grenzwertes verbleibt. Verwendung findet vorzugsweise ein supraleitendes Kabel mit Cu-Ni-Stabilisierung. Das supraleitende Kabel weist gewollte Schwachstellen auf. - Figur -

- 126 232

Anwendungsgebiet der Erfindung

- 5 Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Begrenzung von Kurzschlußströmen in elektrischen Energieversorgungsstrecken unter Ausnutzung der Supraleitfähigkeit.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

- Der ständige Anstieg der Zahl und Kapazität der in die
- 10 Hochspannungsnetze einspeisenden Kraftwerke sowie die zunehmende Vermaschung dieser Netze führen zu einem stetigen Anwachsen der Kurzschlußströme. Es kommt darauf an, sowohl die Amplitude des Kurzschlußstromes als auch seine Einwirkdauer wirksam zu begrenzen.
- 15 Es ist bekannt, in Hochspannungsanlagen Drosselspulen einzubauen, deren Reaktanzen die zu schaltenden Kurzschlußleistungen herabsetzen. Diese Reaktanzen sind jedoch auch im Normalbetrieb wirksam und stellen daher große Verlustquellen dar.
- 20 Zur Überstrombegrenzung, insbesondere bei Apparaten mit Supraleitern, ist auch eine Einrichtung bekannt, die im

Kreis des zu begrenzenden Stromes einen Halbleiterwiderstand aufweist, der von zwei Erregerwicklungen beeinflusst wird. Die eine Erregerwicklung nimmt erst nach Erreichen eines kritischen Stromes Einfluß im Sinne einer Erhöhung
5 des Halbleiterwiderstandes. Die andere Erregerwicklung ist magnetisch im mitkoppelnden Sinn, elektrisch im Nebenschluß zum Halbleiterwiderstand und in Reihe mit einem Strombegrenzungswiderstand angeordnet. Durch die mitkoppelnde Wirkung der zweiten Erregerwicklung soll er-
10 reicht werden, daß die Strombegrenzungseinrichtung eine Art Kippcharakteristik erhält, indem nach Überschreiten des kritischen Ansprechstromes schlagartig eine wachsende Stromteilung zwischen dem Halbleiterwiderstand und dem ihm zugeordneten Nebenschluß eingeleitet wird, bis
15 schließlich praktisch der gesamte Strom durch den Nebenschluß fließt und durch den in ihm enthaltenen Begrenzungswiderstand innerhalb vorgegebener Schranken gehalten wird (DAS 1 165 142).

Diese Lösung führt zwar zu einer wesentlichen Herabsetzung
20 der für die Strombegrenzung in Kauf zu nehmenden Verluste, der Material- und Kostenaufwand sowie Platzbedarf sind jedoch noch relativ hoch.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, eine Strombegrenzung zu schaffen,
25 die im Störfalle rasch, d. h. noch vor Eintritt der vollen Amplitude des Kurzschlußstromes, anspricht, keinen besonderen Aufwand an Geräten und Bauelementen erfordert und im Normalbetrieb nahezu verlustlos funktioniert.

Darlegung des Wesens der Erfindung

30 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Energieübertragungsstrecke so zu gestalten, daß eine zuverlässige Überstrombegrenzung ohne zusätzliche Begrenzungseinrichtungen realisierbar ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß im Pfad des zu begrenzenden Stromes mindestens ein Abschnitt eines supraleitenden Kabels vorgesehen ist, dessen Matrix- bzw. Trägermetall und Supraleiter hinsichtlich Querschnitt und Leitwerkstoff so ausgelegt sind, daß nach dem Überschreiten des kritischen Ansprechstromes schlagartig eine wachsende Stromteilung zwischen dem Supraleiter und dem mit ihm leitend verbundenen Matrix- bzw. Trägermetall eintritt, bis schließlich nach dem Normalleitendwerden des Supraleiters fast der gesamte Strom durch das Matrix- bzw. Trägermetall fließt und durch den in ihm enthaltenen Begrenzungswiderstand unterhalb eines vorgegebenen Grenzwertes verbleibt.

Der Wert des Ausdruckes (Reststromfaktor)

$$(1 + A_m \cdot \rho_s / (A_s \cdot \rho_m)) / (\rho_s \cdot J_s),$$

in dem

A_m = Querschnitt des Matrix- bzw. Trägermetalls

A_s = Querschnitt des Supraleiters

J_s = Stromdichte, bezogen auf den Querschnitt des Supraleiters

ρ_m = spez. Widerstand des Matrix- bzw. Trägermetalls

ρ_s = spez. Widerstand des Supraleiters

bedeuten, muß möglichst niedrig sein, damit der Reststrom gering ist.

Als Supraleiter findet ein Verbundleiter, der in herkömmlicher Kabeltechnik zu einem supraleitenden Kabel verarbeitet ist, Verwendung. Der Supraleiter kann auch auf einem Träger aufgebracht sein, z. B. aufplattiert auf einem Rohr. Nach einer bevorzugten Variante der Erfindung findet ein supraleitendes Kabel mit Cu-Ni-Stabilisierung Verwendung.

Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung weist das supraleitende Kabel vorzugsweise gleichmäßig über die Kabellänge verteilte Schwachstellen auf. Diese Schwachstellen gelangen beim Auftreten eines Kurzschlußstromes

zuerst in den normalleitenden Zustand und es tritt schlagartig der Übergang des supraleitenden Kabels in den normalleitenden Zustand auf seiner gesamten Länge ein.

- 5 Die Schwachstellen sind daher so zu gestalten, daß bei einem Kurzschluß oder einer anderen Störung einer oder eine Kombination der kritischen Werte Temperatur, Stromdichte und magnetische Feldstärke des Supraleiters überschritten wird. Die vorgenannten Betriebswerte, wie
- 10 magnetische Feldstärke, Stromdichte und Temperatur, liegen an den Schwachstellen über denen des supraleitenden Kabels an irgendeiner anderen beliebigen Stelle. Damit ist gewährleistet, daß immer erst die eingebauten Schwachstellen bei einer vorbestimmten Stromstärke, nämlich der
- 15 Ansprechstromstärke, in den normalleitenden Zustand führen. Insgesamt ist das supraleitende Kabel so auszulegen, daß der Ansprechstrom, bezogen auf den Scheitelwert des Nennstromes, etwa den Wert 2 aufweist.

- Die Schwachstellen werden erfindungsgemäß durch Abdecken
- 20 der Leiter mit einer thermischen Isolierung auf der Seite der Wärmeabfuhr realisiert. Nach einem anderen erfindungsgemäßen Merkmal wird die Schwachstelle durch eine Einschnürung des supraleitenden Kabels an einer Stelle, z.B. des rohrförmigen Querschnitts der Außen- und Innenleiter
- 25 oder der Bandleiter, gebildet.

- Eine Schwachstelle läßt sich auch dadurch erreichen, daß mindestens ein Bandleiter der Außen- und Innenleiter des supraleitenden Kabels eine Einschnürung erhält und die anderen Bandleiter in Umfangsrichtung des Kabels mit einer
- 30 einen guten Wärmekontakt bildenden Kupferbrücke umgeben sind. Selbstverständlich liegt auch die Kombination der verschiedenen Varianten der Ausgestaltung einer Schwachstelle im Rahmen der Erfindung.

- Die Erfindung zeigt einen grundlegenden Lösungsweg zur
- 35 Strombegrenzung in elektrischen Energieversorgungsstrecken auf. Der Einsatz eines strombegrenzenden supraleitenden Kabels entsprechend der erfindungsgemäßen Konzeption vereinigt die Funktion des Leitens und Begrenzens, so

daß Kryotrons oder ähnliche Einrichtungen nicht mehr benötigt werden.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll nachstehend an Ausführungsbeispielen
5 näher erläutert werden.

In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1: ein supraleitendes Strombegrenzungskabel mit
thermischer Isolierung,

Fig. 2: ein supraleitendes Strombegrenzungskabel aus mit
10 jeweils einer Einschnürung versehenen rohrförmigen Innen- und Außenleitern;

Fig. 3: ein supraleitendes Strombegrenzungskabel mit
eingeschnürten Bandleitern.

Das in Fig. 1 im Quer- und Längsschnitt dargestellte
15 supraleitende Kabel ist aus einem Außenleiter 1 und einem Innenleiter 2, die jeweils aus Bandleitern bestehen, aufgebaut. Zwischen dem Außenleiter 1 und Innenleiter 2 befindet sich eine aus einer Vielschichtisolation zusammengesetzte Isolationsstrecke 3. Zur Bildung einer Schwach-
20 stelle ist der Außenleiter 1 mit einer thermischen Isolationsschicht 4 und der Innenleiter 2 mit einer thermischen Isolationsschicht 5 auf der Seite der Wärmeabfuhr versehen. Auf Grund der thermischen Isolationsschichten 4;5 stellt sich an dieser Stelle des supraleitenden Ka-
25 bels eine erhöhte Temperatur ein, die zu einer verminderten Stromtragfähigkeit führt. Bei Auftreten eines Kurzschlußstromes beginnt daher an dieser Schwachstelle der Übergang des supraleitenden Kabels in den Zustand der Normalleitung. Die Schwachstellen sind in einem solchen
30 Abstand angeordnet, daß die Ausbildung der Normalleitung auf dem gesamten strombegrenzenden Abschnitt des supraleitenden Kabels höchstens 2 bis 4 ms dauert.

In Fig. 2 ist eine weitere Möglichkeit der Ausbildung einer Schwachstelle bei einem aus einem rohrförmigen

Außenleiter 1 und Innenleiter 2 bestehenden supraleitenden Strombegrenzungskabel im Längsschnitt dargestellt. Die Schwachstelle ist durch eine Einschnürung des rohrförmigen Querschnitts von Außenleiter 1 und Innenleiter 2 herbeigeführt, denn an dieser Stelle tritt eine größere Stromdichte und höhere Feldstärke auf.

Fig. 3 zeigt die Realisierung der Schwachstelle durch Einschnürung der Bandleiter 11 eines supraleitenden Strombegrenzungskabels. Bei dieser Ausgestaltung der Erfindung wird infolge Stromdichtenerhöhung und der Inhomogenität die Stromtragfähigkeit an der Schwachstelle vermindert. Zur Reduzierung der Einschnürungen 11' eines Bandleiters 11 ist es möglich, die Einschnürungen 11' gleichmäßig gegeneinander versetzt vorzusehen. Die Abstandsänge l_s der Schwachstellen liegt im Bereich von 0,5 bis 2 m. Die einzelnen Bandleiter 11 sind bei versetzter Anordnung der Einschnürungen 11' somit im Abstand von $N \cdot l_s$ mit Einschnürungen 11' versehen, wobei N die Anzahl der Bandleiter 11, z. B. des Außenleiters 1 nach Fig. 1 ist.

Die Bandleiter 11 können zusätzlich noch in Umfangsrichtung mit einer als Wärmekontakt wirkenden Kupferbrücke versehen sein, wobei der unmittelbare metallische Kontakt durch Lötunkte hergestellt ist.

Anspruch

1. Anordnung zur Überstrombegrenzung in elektrischen
Energieversorgungsstrecken, gekennzeichnet dadurch,
daß im Pfad des zu begrenzenden Stromes mindestens
5 ein Abschnitt eines supraleitfähigen Kabels vorgese-
hen ist, dessen Matrix-/Trägermetall und Supraleiter
hinsichtlich Querschnitt und Leiterwerkstoff so aus-
gelegt sind, daß nach Überschreitung des kritischen
Anspruchstromes schlagartig eine wachsende Stromtei-
10 lung zwischen dem Supraleiter und dem mit ihm lei-
tend verbundenen Matrix-/Trägermetall eintritt, so
daß nach dem Normalleitendwerden des Supraleiters der
Begrenzungswiderstand oberhalb eines vorgegebenen
Grenzwertes verbleibt.
- 15 2. Anordnung zur Überstrombegrenzung nach Punkt 1, ge-
kennzeichnet durch die vorzugsweise Verwendung eines
supraleitenden Kabels mit Cu-Ni-Stabilisierung.
3. Anordnung zur Überstrombegrenzung nach Punkt 1 und 2,
gekennzeichnet dadurch, daß das supraleitende Kabel
20 vorzugsweise gleichmäßig über die Kabellänge verteil-
te Schwachstellen aufweist.
4. Anordnung zur Überstrombegrenzung nach Punkt 1 bis 3,
gekennzeichnet dadurch, daß die Schwachstellen eines
supraleitenden Kabels durch auf die Außen- und Innen-
25 leiter (1;2) auf der Seite der Wärmeabfuhr aufge-
brachte thermische Isolationsschichten (4;5) gebildet
sind.
5. Anordnung zur Überstrombegrenzung nach Punkt 1 bis 3,
gekennzeichnet dadurch, daß die Schwachstellen eines
30 supraleitenden Kabels durch an den Außen- und Innen-
leitern (1;2) vorgesehene Einschnürungen (1';2') ge-
bildet sind.

- o -
6. Anordnung zur Überstrombegrenzung nach Punkt 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Schwachstellen eines supraleitenden Kabels durch Einschnürungen (11') einzelner Bandleiter (11) gebildet sind.
- 5 7. Anordnung zur Überstrombegrenzung nach Punkt 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Schwachstellen durch eine die Bandleiter (11) in Umfangsrichtung umgebende, als Wärmekontakt wirkende Kupferbrücke gebildet sind.
- 10 8. Anordnung zur Überstrombegrenzung nach Punkt 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Schwachstellen durch Kombination der in den Punkten 4 bis 7 enthaltenen Ausgestaltungen gebildet sind.

Hierzu 1 Bl. Zeichnungen

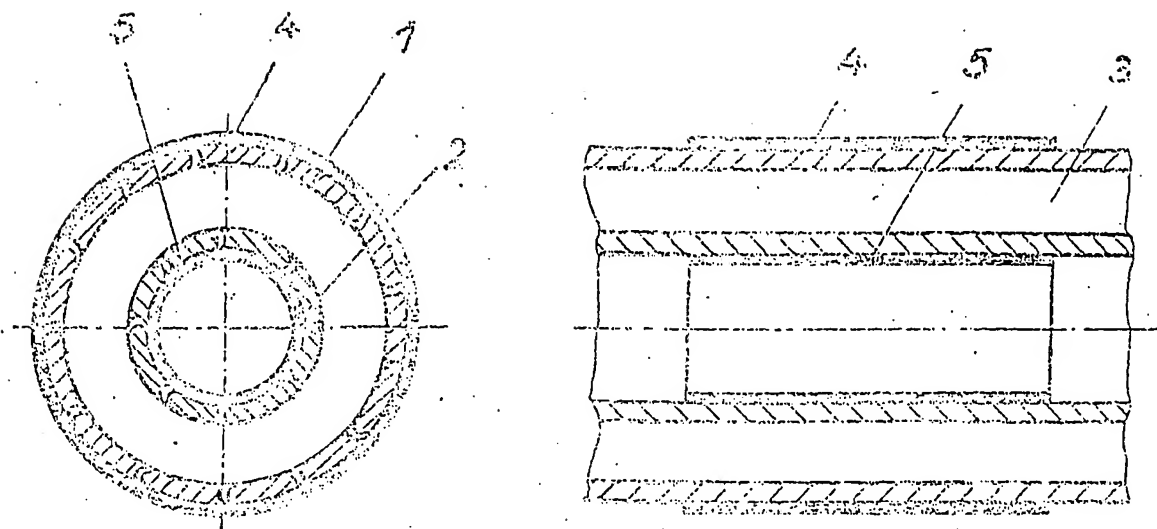


Fig. 1

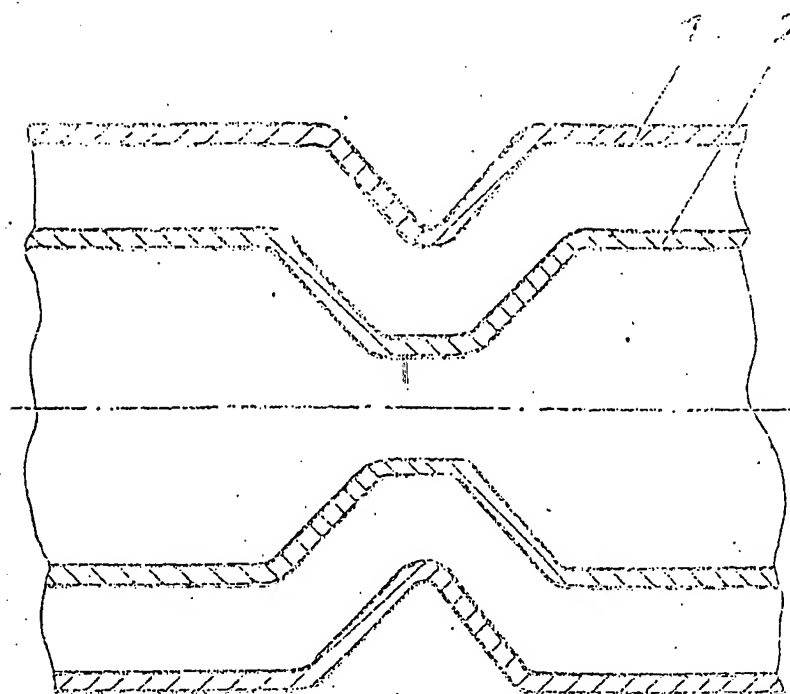


Fig. 2

